

Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional”

DISEÑO DE UN PLAN DE MONITOREO Y CONTROL DE 5 ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS (EEI) EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA LOS TUXTLAS

-Plan de monitoreo y control del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas-



Contratista: Fomento Ecológico y Social A.C.

10 de noviembre de 2017

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

Título: Servicio de consultoría para el diseño de un Plan de Monitoreo y Control de cinco especies exóticas invasoras (EEI) en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas.

Objetivo: Conocer la situación de las especies exóticas invasoras en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas y establecer un Plan de Monitoreo y Control de las cinco especies exóticas más invasivas. El plan de monitoreo y control deberá incluir la conformación de dos brigadas de monitoreo, una para la zona Norte y otra para la zona Sur de la Reserva.

Autor: Fomento Ecológico y Social A. C.

Modo de citar: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) México. 2017. Plan de Monitoreo y Control del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la RBLT en la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas. Proyecto 089333 "Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". 18 pp. + 1 Anexo. Vega-Rodríguez, B. I., Terán-González, G. J., Luna-Aguilar, L. A. y G. E. Martínez-Romero. Fomento Ecológico y Social A. C. Veracruz, México.

Área objeto del informe: Reserva de la Biósfera Los Tuxtla.

Fecha de inicio del producto: 30 de junio de 2017

Fecha de terminación del producto: 10 de noviembre de 2017

Vínculo del proyecto con las metas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras: Esta consultoría aporta un Diagnóstico de la situación de las EEI en la RBLT y un Plan de Monitoreo y Control para cada una de las siguientes especies: orquídea africana (*Oeceoclades maculata*), mariposita blanca (*Hedychium coronarium*), pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.), muérdago (*Struthanthus* sp.) y tres pastos (*Urochloa brizantha*, *U. decumbens* y *Cynodon nlemfuensis*) así como el Área de Distribución de las EEI mencionadas, y por último la Integración de Brigadas de Monitoreo.

Los productos resultantes de esta consultoría se relacionan con las siguientes metas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México:

Meta 1.4. Mecanismos y protocolos estandarizados de prevención en operación, para reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras. Acción: Establecer programas de monitoreo sistemático y estandarizado en sitios identificados como de alto riesgo (p.ej. áreas protegidas, áreas agrícolas importantes, puertos de altura y de cabotaje, zonas de traslado de contenedores, cuerpos de agua mayores, presas y vías de comunicación, entre otros; véase meta 1.3).

Meta 1.5 Sistemas coordinados para la detección, manejo de riesgo y alerta temprana de ingreso y dispersión de especies invasoras. Acción: Establecer programas de monitoreo sistemático y estandarizado en sitios identificados como de alto riesgo (p. ej. áreas protegidas, áreas agrícolas importantes, puertos de altura y de cabotaje, zonas de traslado

de contenedores, cuerpos de agua mayores, presas y vías de comunicación, entre otros; véase meta 1.3).

Meta: 2.2 Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas y mitigación de sus impactos. Acción: Implementar acciones para especies y áreas identificadas mediante la línea base (véase meta 1.2).

Meta: 2.4 Mecanismos e iniciativas para que la sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de prevención, control y erradicación. Acción: Conformar equipos voluntarios de monitoreo ambiental.

Resumen: En una revisión documental realizada previamente se identificaron 76 especies exóticas invasoras (EEI) presentes en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas. En comunicación con la Dirección de la RBLT se estableció que los peces diablo (*Pterygoplichthys* spp.) son una de las cinco especies de mayor preocupación para la Reserva, por lo cual, se decidió desarrollar un plan de monitoreo y control. El pez diablo se encuentra distribuido en las áreas de influencia de la RBLT, específicamente en la Laguna Salada que conecta a través del río Huazuntlán con la Laguna del Ostión. Se recomienda la realización de monitoreos mensuales. Las medidas de control deberán realizarse previos a la época reproductiva a través de jornadas de extracción o taponeo de nidos.

Contenido

1. Introducción	4
1.1. Estado actual del pez diablo en las zonas de influencia de la RBLT	5
2. Criterios de selección del pez diablo (<i>Pterygoplichthys</i> spp.) para su monitoreo y control	5
3. Descripción Biológica.....	5
4. Impactos ecológicos	7
5. Impactos económicos.....	7
6. Distribución.....	7
7. Medidas de prevención	10
7.1. Educación ambiental	10
7.2. Monitoreo.....	11
8. Medidas de control.....	12
8.1. Control mecánico.....	12
9. Referencias bibliográficas.....	13
ANEXO.....	19

Índice de Figuras

Figura 1. Vista lateral de <i>Pterygoplichthys</i> sp. En la esquina derecha superior se observa que las flechas señalan las espinas en las escamas modificadas (Fomento Ecológico y Social A.C., 2017).....	6
Figura 2. Pez diablo (<i>Pterygoplichthys</i> spp.) capturado en la Laguna Salada, Pajapan, Veracruz (Fomento Ecológico y Social A.C., 2017).....	8
Figura 3. Distribución del pez diablo en las zonas de influencia de la RBLT.	9

1. Introducción

En la revisión documental de PNUD México: Vega-Rodríguez *et al.* (2016) fueron identificadas 76 especies exóticas presentes en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas (RBLT), de las cuales 23 fueron clasificadas como especies exóticas invasoras (EEI). Las especies invasoras de mayor preocupación en la RBLT y en sus áreas de influencia son: la orquídea africana (*Oeceoclades maculata*), la mariposita blanca (*Hedychium coronarium*), el pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.), el muérdago (*Struthanthus* sp.) y los pastos forrajeros (*Urochloa brizantha*, *U. decumbens* y *Cynodon nlemfuensis*). Este documento se enfoca en describir las medidas de monitoreo y control de los peces diablo (*Pterygoplichthys* spp.).

El género *Pterygoplichthys* incluye a los peces comúnmente conocidos en México como “plecos”, “plecostomum”, “limpia peceras” o “peces diablo” y son originarios de la cuenca del Amazonas (Armbuster & Page 2006). Estos organismos fueron importados a México y reproducidos por la industria de peces ornamentales (Pereira *et al.*, 2012). Se especula que algunos ejemplares fueron liberados por sus propietarios en los cuerpos de agua (Herrera-Solano & Molina-Arias, 2011). El primer registro se hizo en 1995 para el río Mezcala, en Guerrero (Guzmán & Barragán, 1997). Posteriormente los “plecos” se registraron en las cuencas bajas de los ríos Usumacinta y Grijalva, hacia su delta, en la llanura costera del Golfo de México, en el estado de Tabasco (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007). Hasta el momento se les ha registrado en 16 estados del país, incluyendo Veracruz (Vega-Rodríguez *et al.*, 2016).

1.1. Estado actual del pez diablo en las zonas de influencia de la RBLT

Tehuiztil *et al.* (2014) realizaron muestreos en Laguna de Sontecomapan y Laguna del Ostión y reportaron la presencia de pez diablo en el segundo sitio mencionado. Así mismo, Tehuiztil *et al.* (2015), mencionan también que capturaron algunos ejemplares en Laguna Salada e iniciaron un programa piloto para el aprovechamiento de pez diablo. Actualmente ya no se encuentra en operación este programa piloto (*com. pers.* Sr. Santos Martínez Ramos, integrante de la brigada de aprovechamiento en dicho proyecto, 14 de agosto de 2017).

2. Criterios de selección del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) para su monitoreo y control

De acuerdo con el diagnóstico realizado por PNUD México: Vega-Rodríguez *et al.* (2016) y en comunicación directa con la Dirección de la RBLT, las especies seleccionadas se establecieron de acuerdo a los siguientes criterios basados en:

- Se detectó su presencia en zonas de influencia de la RBLT.
- De acuerdo con la literatura consultada en PNUD México: Vega-Rodríguez *et al.* (2016) es clasificada como una especie altamente invasiva.
- Es altamente competitiva y desplaza a especies nativas (Goldburg & Triplett, 1997).
- Existen esfuerzos previos de control (Tehuiztil *et al.*, 2015).

3. Descripción Biológica

Los peces diablo son teleósteos siluriformes de la familia Loricariidae, originarios de la cuenca del Amazonas, actualmente se estima que existen cerca de 80 géneros y más de 700 especies (Armbuster & Page 2006).

Taxonomía (ITIS, 2017):

- Reino Animalia
- Phylum Chordata

- Clase Teleostei
- Orden Siluriformes
- Familia Loricariidae
- Genero *Pterygoplichthys*

Tienen una reproducción precoz, es decir, que su reproducción inicia desde que cuentan con una talla de 12.5 cm de longitud estándar en las hembras y 13 cm de longitud estándar en machos; con una fecundidad aproximada de 800 a 18,800 huevos con múltiples desoves (Samat *et al.*, 2016). Cuentan con cuidado parental, cavan túneles de entre 50 y 100 cm de profundidad, con un ancho aproximado de 10 cm (Tello *et al.*, 1992). La edad máxima reportada es de 5 años (Gibbs *et al.*, 2013).

Se alimenta de algas bentónicas aglutinadas (cianobacterias, algas microscópicas, macroalgas y macrófitos) y es posible que ingiera incidentalmente los huevecillos de otras especies nativas o de importancia pesquera (Mendoza *et al.*, 2009).

El pez diablo posee una alta capacidad adaptativa y características biológicas competitivas:

- Su cuerpo está cubierto con escamas modificadas con hileras de diminutas espinas, que van desde el opérculo hasta el pedúnculo caudal, las aletas dorsales y pectorales tienen espinas grandes y fuertes (Figura 1); además de que las pectorales les permiten reptar fuera del agua (Barba & Cano., 2014).
- Su estómago es grande y muy vascularizado, éste funciona como un pulmón (Gee, 1976).
- Presenta cierta tolerancia a la exposición de aguas salobres (11 a 12 ppt por más de 20 horas) (Capps *et al.*, 2011).
- Se sospecha la hibridación introgresiva entre las especies *P. pardalis* y *P. disjunctivus*, lo cual trae como consecuencia una “superioridad híbrida” que le permite incrementar su adaptabilidad durante las invasiones (Jumawan *et al.*, 2011).



Figura 1. Vista lateral de *Pterygoplichthys* sp. En la esquina derecha superior se observa que las flechas señalan las espinas en las escamas modificadas (Fomento Ecológico y Social A.C., 2017).

4. Impactos ecológicos

- En general, los peces exóticos introducidos actúan como competidores, depredadores, vectores de parásitos o patógenos de las especies nativas (Goldburg & Triplett, 1997).
- En el estado estadounidense de Florida, se ha observado que los plecos suspenden partículas sedimentarias por la construcción de nidos; así mismo, comprometen la estabilidad geológica de los sistemas acuáticos continentales, ya que cuando disminuye el nivel de agua quedan expuestos a la erosión (Greene & Lee, 2009).
- El pez diablo forrajea algas bentónicas y detritus de manera que reduce la disponibilidad de alimento de insectos y peces nativos en Norteamérica (Hoover *et al.*, 2004).

5. Impactos económicos

En México se han observado impactos económicos, como la disminución de especies de importancia comercial (Mendoza *et al.*, 2007). Por otro lado, los pescadores han perdido sus redes, ya que tienen que cortarlas porque los loricáridos se enmallan con sus espinas y placas óseas modificadas (Wakida–Kusunoki *et al.*, 2007).

6. Distribución

Estos loricáridos habitan en ríos, lagos, lagunas o esteros en su hábitat natural y fuera de él (Jumawan & Herrera, 2015). Aunque generalmente se les observa en cuerpos de agua dulce, se ha reportado que pueden tener cierta tolerancia a la salinidad, en promedio 10 ppt (Álvarez-Pliego *et al.*, 2015; Capps *et al.*, 2011).

Este equipo de trabajo realizó recorridos en la Laguna Sontecomapan el 26 de julio de 2017 y no se confirmó la presencia de estos organismos, ni de sus nidos. Por otra parte, el 27 de julio del mismo año, se realizaron entrevistas a los pescadores y algunos confundieron al pez diablo con otras especies de bagres, mientras algunos otros, reconocieron que capturaron escasos organismos hace más de dos años, pero que realizaron una extracción inmediata.

Por otro lado, se observó la presencia de pez diablo en Laguna Salada, cuerpo de agua que tiene conexión con Laguna del Ostión a través del río Huazuntlán (Figura 2 y 3). La distribución de pez diablo en la RBLT fue establecida a través de entrevistas a pescadores de la Laguna del Ostión (14 y 15 de agosto). Así mismo, se realizaron recorridos el 22 de agosto en el sitio y se capturaron algunos organismos con una atarraya (3 m de diámetro, luz de malla de 2.5 cm). Las ubicaciones de las capturas fueron georreferenciadas con un GPS. La cartografía se realizó en formato electrónico en el programa ArcGis 9.3 con el sistema de coordenadas WGS84. En la Figura 3 se observa que el pez diablo se distribuye

Proyecto GEF-Invasoras_ Servicio de consultoría para el diseño de un Plan de Monitoreo y Control de cinco especies exóticas invasoras (EEI) en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas.

en la Laguna Salada, el río Huazuntlán y en el arroyo Temoloapan. Así mismo, en épocas de lluvias y tormentas es posible capturarlo en la porción suroeste de la Laguna del Ostión.

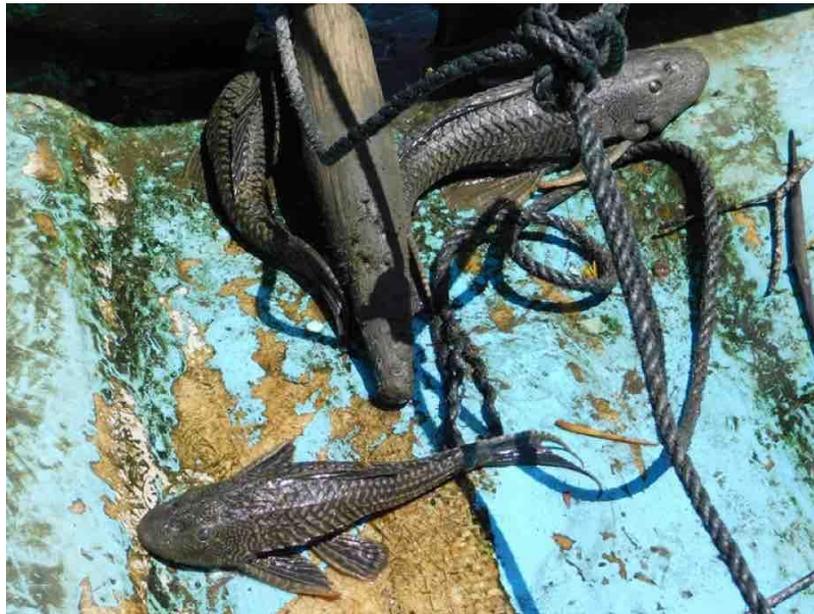


Figura 2. Pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) capturado en la Laguna Salada, Pajapan, Veracruz (Fomento Ecológico y Social A.C., 2017).

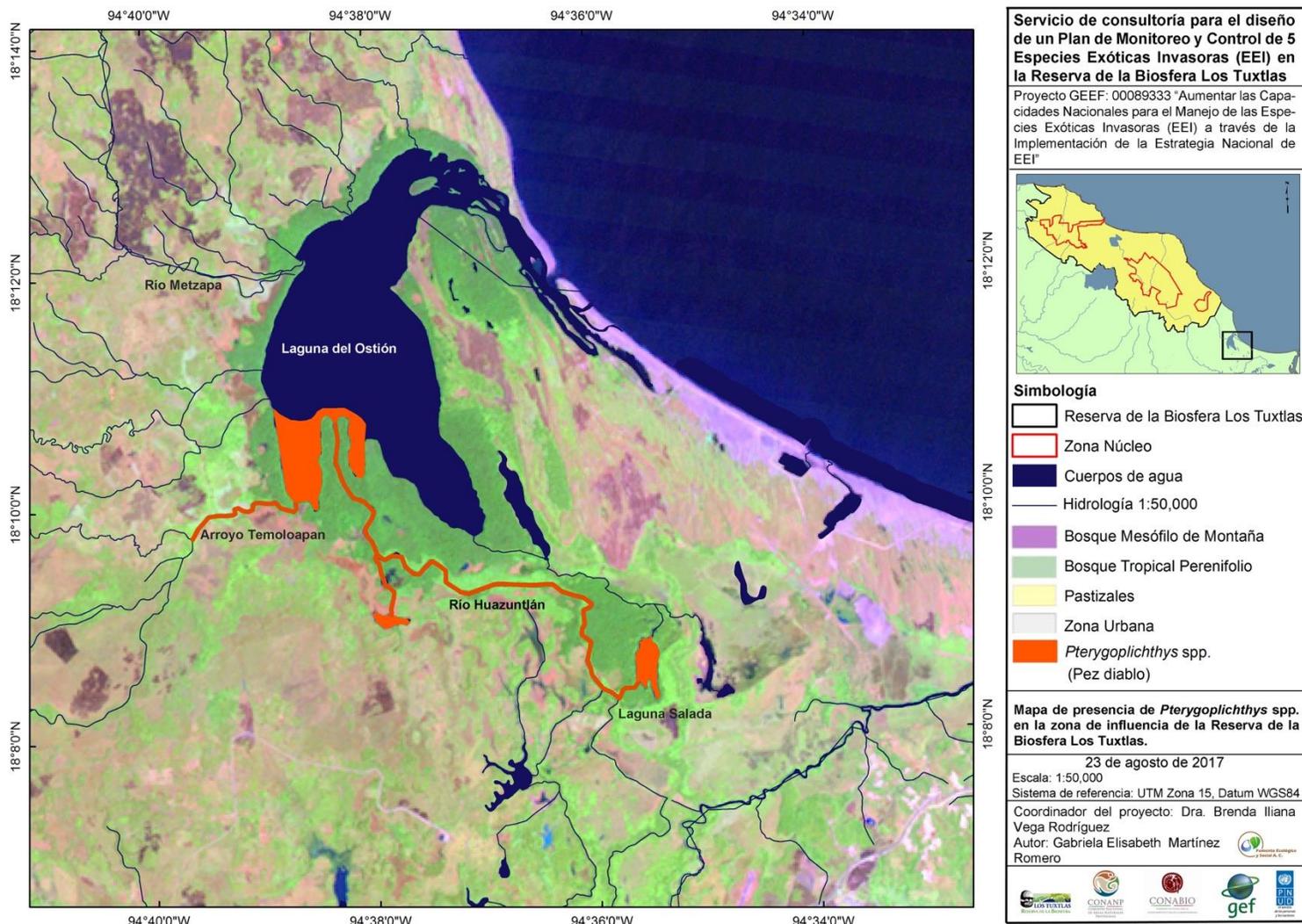


Figura 3. Distribución del pez diablo en las zonas de influencia de la RBLT.

7. Medidas de prevención

La prevención es la acción más costeable, económica y ambientalmente amigable sobre cualquier medida de remediación aplicada para combatir a las especies exóticas invasoras (Shine *et al.*, 2000). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2012), una de las medidas más eficaces para evitar nuevas introducciones es la educación ambiental. Por otro lado, los programas de monitoreo de especies acuáticas funcionan, además de una medida preventiva, como una herramienta para dar seguimiento a las estrategias de control (Otero *et al.*, 2013).

7.1. Educación ambiental

La educación ambiental es un instrumento para que los ciudadanos se responsabilicen respecto al medio natural y para potenciar la capacitación ambiental (Capdevila *et al.*, 2006). En Estados Unidos de América se cuentan con algunos ejemplos de programas de educación ambiental dirigidos a informar y advertir sobre las especies exóticas invasoras (Beall, 2005). Algunos han promovido este tipo de problemáticas a través de cursos y otros más mediante carteles y señalamientos (DEC, 2017; NISIC, 2017).

En México también se han implementado una serie de talleres específicos para la problemática del pez diablo, los cuales fueron diseñados para diferentes sectores de la población y fueron desarrollados en colaboración de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Universidad Autónoma Metropolitana (Vega-Rodríguez *et al.*, 2016).

Con respecto al diseño de un programa de educación ambiental sobre pez diablo en la RBLT, se sugiere concientizar a la población local sobre los procedimientos de extracción rápida (véase sección de Monitoreo, en el punto 3); ya que durante los recorridos en Laguna del Ostión se observó que algunos pescadores regresan a estos organismos al agua o los avientan a las riberas. SEMARNAT (2010), tiene una “Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal” que consiste en:

1. Identificar al grupo de personas al que estará dirigido el programa de educación ambiental (edad, género, escolaridad, etnia, ocupación, entre otros) y el tema a tratar.
2. Cohesionar el programa de educación ambiental con los objetivos, misión, visión y metas de la institución que lo implementará.
3. Establecer los objetivos y metas del programa de educación ambiental. Se recomienda la implementación de talleres dirigidos a los pescadores.
4. Evaluar los recursos económicos, materiales y personales que se necesitarán para implementar el programa de educación ambiental.
5. Establecer el tiempo, los materiales y las técnicas adecuadas para llevar a cabo el programa de educación ambiental.
6. Evaluar los conocimientos que tiene la población seleccionada sobre el tema a tratar, antes, durante y al finalizar el programa de educación ambiental.

7.2. Monitoreo

Una de las acciones prioritarias de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México es el establecimiento de acciones de monitoreo para áreas en donde se han llevado a cabo acciones de control y erradicación (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Como ya se mencionó anteriormente, existen esfuerzos previos para controlar al pez diablo en Laguna del Ostión, a través de su aprovechamiento como harina en una planta piloto (Tehuitzil *et al.*, 2015).

Los protocolos de monitoreo para especies de peces exóticos invasores deben cubrir todas las fases de evaluación, ser sencillos, describir la presencia y el estado de diferentes especies desde un enfoque científico; estos protocolos pueden implicar el uso de voluntarios (Otero *et al.*, 2013). Un ejemplo de ello es el protocolo de monitoreo para pez león (*Pterois* sp.), el cual incluye la recopilación de información sobre la dinámica poblacional, composición de la comunidad y esfuerzo pesquero (Morris, 2013). Específicamente para el pez diablo, Ayala-Pérez *et al.*, (2015) y Vega-Rodríguez *et al.*, (2016), establecen los métodos de monitoreo y evaluación para esta especie. A continuación, se establecen los materiales y métodos basados en lo mencionado por los dos últimos autores:

1. **Materiales:** tablas de registro, formatos de registro, guantes, lápiz, cámara fotográfica, cinta métrica, palas, GPS, balanza, red de enmalle y atarrayas.
2. **Monitoreo:** Realizar recolectas mensuales en al menos 10 puntos de muestreo a lo largo del polígono indicado en la Figura 3. Debido a que se trata de especies móviles, dichos puntos de muestreo no serán fijos y estarán sujetos a lo que observe el brigadista en el sitio. En cada sitio de recolecta se fotografiarán los peces diablo colectados y la fauna de acompañamiento, si la hay, y también de los patrones de puntos y vermiculaciones que se observan en el abdomen de cada “plecos”. Así mismo, se registrarán los siguientes datos en un formato de registro (ANEXO), que incluyen información para que los datos sean integrados en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la CONABIO (Unidad Coordinadora del Proyecto, 2016):
 - a. Coordenadas geográficas decimales y datum WGS84
 - a. Número de lances realizados
 - b. Especies colectadas
 - c. Número de organismos colectados por especie
 - d. Longitud total (cm), longitud estándar (cm), peso total (kg), sexo y fase de madurez gonádica de cada “pez diablo” colectado.

También se recomienda realizar entrevistas a los pescadores artesanales para complementar los monitoreos de pez diablo. Los datos a recabar son (ANEXO):

- a. Sitio de avistamiento (se pueden utilizar como apoyo un mapa).
- b. Número de organismos colectados por especies para establecer una proporción con respecto al pez diablo.

- c. Arte de pesca utilizada.
- d. Tiempo de pesca.

Por otro lado, también se puede realizar un monitoreo mensual de los nidos, para lo cual tendrá que registrar la posición geográfica de cada uno.

3. **Extracción de organismos:** Los “plecos” colectados serán sacrificados por punción en la cabeza y después se realizará la disección para el establecimiento de sexo y fase de madurez gonádica. Posteriormente, los organismos serán enterrados a una profundidad aproximada de 50 cm y al menos a 3 m de distancia de las laderas de los cuerpos de agua.
4. **Elaborar una base de datos** con la información recabada en campo.

8. Medidas de control.

Hoover *et al.* (2014), propone la captura de peces con redes, así como la remoción de huevos y alevines de los nidos e incluso el uso de químicos para controlar la cría en los nidos. En México se han empleado algunas estrategias de aprovechamiento para su control:

- a) **Consumo humano directo.** Se utiliza el músculo de la zona caudal (Ayala-Pérez *et al.*, 2015).
- b) **Elaboración de harinas artesanales.** La harina se ha empleado para elaborar alimentos de animales forrajeros (Vega-Rodríguez *et al.*, 2016) y para la elaboración de frituras (Tehuitzil *et al.*, 2015).
- c) **Biogás y biofertilizante.** Se han utilizado deshechos de “pez diablo” para producir gas y lodos fertilizantes (Chávez, 2016).
- d) **Plantas de procesamiento para la elaboración de embutidos.** En el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos se ha instalado una planta de procesamiento para elaborar embutidos a partir de la carne de pez diablo (Hernández *et al.*, 2016).

Para el control de los plecos se sugiere la implementación de técnicas mecánicas y en caso de que exista una factibilidad social y financiera podrán emplearse estrategias de aprovechamiento con el visto bueno de la dirección de la RBLT.

8.1. Control mecánico

Los trabajos de control podrán ser financiados mediante el Programa de Empleo Temporal (PET) y el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) operados por la RBLT. Después de la capacitación de las brigadas, estos son los materiales y métodos a implementar para realizar las actividades de control:

1. **Materiales:** cámara fotográfica, GPS, redes y palas.
2. **Métodos de control:** se realizarán en los periodos previos a la época reproductiva, mayo a agosto (Wakida-Kusunoki & Amador-del-Ángel, 2011; Amezcua, 2014;

Castillo-Capitán et al., 2014), ya que durante este tiempo es cuando la población es más vulnerable. Las medidas de control pueden ser:

- a) **Jornadas de extracción.** Se sugiere la contratación de pescadores de la zona para realizar estas labores de extracción masiva. Los organismos capturados tendrán que ser enterrados o darles un aprovechamiento. La fauna de acompañamiento deberá ser liberada y regresada al sistema acuático como una medida de mitigación de impactos.
- b) **Taponeo de nidos.** Las brigadas podrán realizar esta actividad previamente a la época reproductiva. Esta técnica de control se ha implementado en la Reserva de la Biósfera Montes Azules con buenos resultados (*com. pers.* Director de Desarrollo de Proyectos UANL, Carlos Ramírez Martínez, el 8 de agosto de 2017).
- c) **Re poblamiento con especies nativas.** Se sugiere un estudio para determinar la factibilidad de introducir especies acuáticas nativas, con la finalidad de restaurar a la comunidad acuática. En CONANP (2006) se mencionan algunas especies nativas que podrían reproducirse para este fin.

NOTAS IMPORTANTES

- El monitoreo debe continuar después de las medidas de control para dar un seguimiento de la efectividad de éstas. Debe realizarse al menos una vez en cada época climática.
- Las medidas de erradicación y control deberán mejorar y adecuarse a medida que se obtenga más información sobre la biología y taxonomía de las especies.
- Debido a la conexión hidrológica que se presenta durante época de lluvias y tormentas, se sugiere la implementación de monitoreos en Laguna de Sontecomapan.

9. Referencias bibliográficas

Álvarez-Pliego, N., Sánchez, A. J., Florido, R. & Salcedo, M. Á. 2015. First record of South American suckermouth armored catfishes (Loricariidae, *Pterygoplichthys* spp.) in the Chumpan River system, southeast Mexico. *BioInvasions Records*. 4 (4): 309-314.

Amezcuca, M. F. 2014. Colonización de la laguna de Chiracahueto (Sinaloa, México) por la especie invasora *Pterygoplichthys* spp. In: Low, P. A. M., Quijón, P. A. & Peters, R. E. M (eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edward Island. México. 273-291 p.

Armbruster, J. W. & Page, L. M. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology*. 4 (4): 401-410.

Ayala-Pérez, L., Vega-Rodríguez, B., Terán-González, J. & Martínez-Romero, G. 2015. *El pez diablo en México: Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros*. Ayala-Pérez, L., Vega-Rodríguez, B., Terán-González, J. & Martínez-Romero, G. (Eds.) México, D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. 63 p. ISBN:978.607-28-0531-6

Barba, M. E. & Cano, S. M. P. 2014. Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México In. Low, P. A. M., Quijón, P. A. & Peters, R. E. M (eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. SEMARNAT-INECC-UPEI, México. 273-291 p.

Beall, M. 2005. Aquatic Invasive Species: A handbook for education efforts. Beall, M. (Ed.) Wisconsin, USA. Sea Grant University of Wisconsin. 119 p. ISBN: sin número

Capdevila, L., Iglesias, Á., Orueta, J. & Zilletti, B. 2006. *Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo*. Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio De Medio Ambiente (Ed.) Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente. 287 p. ISBN: 13: 978-84-8014-667-8

Capps, K. A., Nico, L. G., Mendoza-Carranza, M., Arévalo-Frías, W., Ropicki, A.J., Heilpern, S. A. & Rodiles-Hernández, R. 2011. Salinity tolerance of non-native suckermouth armoured catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) in south-eastern Mexico: implications for invasion and dispersal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 21 (6): 528-540.

Castillo-Capitán, G., Cruz-León, Z., Meiners-Mandujano, C. G., Hernández-Romero, A. H. & Rodríguez-Orozco, N. 2014. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa (Cuenca de Coatzacoalcos) Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 2 (3): 503-507.

Chávez, J. 2016. Producción de biogás y biofertilizante a partir del uso de productos pesqueros para el aprovechamiento del Pez Diablo. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Koleff, P., González, A. & Born-Schmidt, G. (Eds). México D.F. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 91 p. ISBN: sin número.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006. *Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 296 p. ISBN: 968-817-812-8.

DEC (Department of Environmental Conservation). 2017. Aquatic Invasive Species Outreach and Education Materials. Fecha de actualización: sin información. Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2017.

<http://www.dec.ny.gov/outdoor/85939.html>

Gee, J. H. 1976. Buoyancy and aerial respiration: factors influencing the evolution of reduced swim-bladder volume of some Central American catfishes (Trichomycteridae, Callichthyidae, Loricariidae, Astroblepidae). *Canadian Journal of Zoology*. 54 (7): 1030-1037.

Gibbs, M. A., Kurth, B. N. & Bridges, C. D. 2013. Age and growth of the loricariid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida. *Aquatic Invasions*. 8 (2): 207-218.

Goldburg, R. & Triplett, T. 1997. Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the United States, Washington, DC, United States: Environmental Defense Fund. 198 p.

González, A.I., Barrios, Y., Born-Schmidt, G. y Koleff, P. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras. In: Mendoza, R. & Koleff, P. (eds.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 95-112 p.

Greene, G. & Lee, D. 2009. Efectos socioeconómicos de los loricáridos en Florida. In: Mendoza, A. R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J., Contreras, S., Courtenay, W., Koleff, P., Mandrak, N., Álvarez, P., Arroyo, M., Escalera, C., Guevara, A., Greene, G., Lee, D., Orbe, A., Ramírez, C. y Stabridis, O. (eds.). *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Quebec, Canadá. 31-41 p.

Guzmán, A. F. & Barragán, S. J. 1997. Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el Río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana*. 3: 1-4.

Hernández, J., Maldonado, M. R. & Carballo, J. G. 2016. El aprovechamiento del pez diablo en el Área Natural Protegida Laguna De Términos, Campeche: Un caso de éxito. In: Vega-Rodríguez, B., Ayala-Pérez, L., Terán-González, J. & Martínez-Romero, G (eds.). *El pez diablo en México: Protocolo de prevención, detección temprana y control*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 139-143 p.

Herrera-Solano, D. & Molina-Arias, A. M. 2011. Peces diablo (Teleosteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis*. 25 (1-2): 79-86.

Hoover, J. J., Killgore, K. J. & Cofrancesco, A. F. 2004. Suckermouth catfishes: threats to aquatic ecosystems of the United States? *ANSRP Bulletin*. 4: 1-13.

Hoover, J. J., Murphy, C. E. & Killgore, J. 2014. Ecological impacts of Suckermouth Catfishes (Loricariidae) in North America: A conceptual model. *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin*. 14 (1): 1-13.

ITIS (Integrated Taxonomic Information System). 2017. *Pterygoplichthys* Gill, 1858. Fecha de actualización: 26 de mayo de 2016. Fecha de consulta: 16 de julio de 2017.

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=164372#null

Jumawan, J. C. & Herrera, A. A. 2015. Histological and ultrastructural characteristics of the testis of the invasive suckermouth sailfin catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* (Siluriformes: Loricariidae) from Marikina River, Philippines. *Tissue Cell*. 47: 17–26.

Jumawan, J. C., Vallejo, B. M., Herrera, A. A., Buerano, C. C. & Fontanilla, I. K. C. 2011. DNA barcodes of the Suckermouth Sailfin Catfish *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae) in the Marikina River system, Philippines: Molecular perspective of an invasive alien fish species. *Philippine Science Letters*. 4 (2): 103-113.

Mendoza, A. R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J., Contreras, S., Courtenay, W., Koleff, P., Mandrak, N., Álvarez, P., Arroyo, M., Escalera, C., Guevara, A., Greene, G., Lee, D., Orbe, A., Ramírez, C. & Stabridis, O. 2009. Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte. Quebec, Canadá. Comisión para la Cooperación Ambiental. 98 p. ISBN 978-2-923358-62-8

Mendoza, R., Contreras–Balderas, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P. & Aguilar, V. 2007. Los peces diablo, especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*. 70: 1–5.

Morris, J.A., Jr. 2013. *El pez león invasor: guía para su control y manejo*. Morris, J.A., Jr. (Ed.) Florida, USA. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series, No. 126 p. ISBN: 978-0-615-76902-8

NISIC (National Invasive Species Information Center). 2017. Aquatic Species, Educational Resources. Fecha de actualización: 28 de septiembre de 2017. Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2017.

<https://www.invasivespeciesinfo.gov/aquatics/education.shtml>

Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B. & Savini, D. 2013. Monitoreo de especies marinas invasoras en áreas marinas protegidas (AMP) del Mediterráneo: Estrategia y guía

práctica para gestores. Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B. & Savini, D (Eds.) Malaga, España. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 136 p. ISBN: 978-2-8317-1619-0

Pereira, R. P., dos Santos, C. H. D. A., Nascimento, P. R. M., Clímaco, G. T., Sousa, A. C. B., Campos, T., Vergueiro-Júnior A., Paula-Silva, M. & Almeida-Val, V. M. F. 2012. Isolation of microsatellite loci in the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelneau, 1855) (Teleostei: Loricariidae). *Conservation Genetics Resources*. 4 (4): 889-891.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2016. Servicio de consultoría para el diseño de un plan de control y monitoreo de cinco especies exóticas invasoras (EEI) en la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas. Diagnóstico de la situación de las especies exóticas invasoras (EEI) en la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas, presentado a la CONABIO y a PNUD en el marco del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Vega-Rodríguez, B. I., Terán-González, G. J., Luna-Aguilar, L. A. y G. E. Martínez-Romero Fomento Ecológico y Social A. C. Veracruz, México. 50 p.

Rodríguez, A., Berro, B., Valdés, O. & Quintana, I. 2012. Educación ambiental: prevención, gestión y manejo del riesgo en situaciones de desastres. Rodríguez, A., Berro, B., Valdés, O. & Quintana, I. (Eds.) La Habana, Cuba. La Habana: Editorial Ciencias Médicas. 104 p. ISBN: 978-959-212-774-6

Samat, A., Yusoff, A. F. M., Arshad, A., Ghaffar, M. A., Nor, S. M., Magalhaes, A. L. B. & Das, S. K. 2016. Reproductive biology of the introduced sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in peninsular Malaysia. *Indian Journal of Fisheries*. 63: 35–41.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. México D. F. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU). 39 p. ISBN: sin número.

Shine, C., Williams, N. & Gündling, L. 2000. *A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species*. Shine, C., Williams, N. & Gündling, L. (Eds.) Bonn, Germany. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 138 p. ISBN: 2-8317-0548-7

Tehuitzil, V. L., Fernández, C. A. Martínez, L. F. & Rodríguez, A. 2014. Monitoreo y Control de especies exóticas invasoras en la Laguna del Ostión y Sontecomapan, Veracruz, México. Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Informe final. 39 p.

Tehuitzil, V. L., Fernández, C. A., Martínez, L. F. & Rodríguez, A. 2015. Seguimiento al monitoreo del pez diablo en la laguna del ostión y sus humedales para su transformación y aprovechamiento en la elaboración artesanal de harina, Veracruz, México. Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Informe final. 65 p.

Tello, J. S., Montreuil, V. H, Maco, J. T., Ismiño, R. A. & Sánchez, H. 1992. Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Marañon, Peru. *Folia Amazonica*. 4: 87-107

Unidad Coordinadora del Proyecto. 2016. Manual para la elaboración de informes. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 13 p.

Vega-Rodríguez, B., Ayala-Pérez, L., Terán-González, J. & Martínez-Romero, G. 2016. *El pez diablo en México: Protocolo de prevención, detección temprana y control*. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. 166 p. ISBN: 978-607-28-0940-6

Wakida-Kusunoki, A. T. & Amador-del-Ángel, L. E. 2011. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 870-878.

Wakida-Kusunoki, A. T., Ruiz-Carus, R. & Amador-del-Ángel, E. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 52: 141-144.

ANEXO

Formato de monitoreo

Fecha: _____ Municipio: _____
 Nombre del predio o paraje: _____
 Hora de Inicio: _____ Hora de término: _____
 Altitud: _____ Coordenadas geográficas: _____
 Marca y modelo de GPS: _____ Precisión GPS: _____

Especies colectadas	Número de organismos

La siguiente tabla es para registrar la información referente al pez diablo.

Número de organismo	Longitud total (cm)	Longitud estándar (cm)	Peso total (g)	Sexo	Fase de madurez

En caso de observar nidos, registrar los siguientes datos

Número de nido	Latitud (UTM)	Longitud (UTM)

Observaciones adicionales:

Nombre de Brigadistas:

Formato de entrevista

Fecha: _____

1. ¿Ha capturado pez diablo? (mostrar fotografía) Si (Pasar a pregunta 2) No
(Finaliza la entrevista)
2. ¿Cuándo capturó pez diablo?
3. ¿Dónde lo capturó?(mostrar mapa y registrar la georreferencia correspondiente)
4. ¿Cuántos peces diablo capturó?
5. ¿Qué otras especies capturó?
6. ¿Cuántos organismos, aproximadamente, capturó de cada especie?
7. ¿Qué arte de pesca utilizó?
8. ¿Cuánto tiempo estuvo pescando?

Nombre de Brigadistas:
